



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DO SERTÃO PERNAMBUCANO  
CAMPUS PETROLINA ZONA RURAL

CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DO BIOCARVÃO E MICRORGANISMOS EFICIENTES  
(EM) NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE EM VERMICULITA**

Marcos Felipe Queiroz dos Santos

PETROLINA – PE  
2025

**MARCOS FELIPE QUEIROZ DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DO BIOCÁRVÃO E MICRORGANISMOS EFICIENTES  
(EM) NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE EM VERMICULITA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao IFSertãoPE *Campus*  
Petrolina Zona Rural, exigido como parte para  
a obtenção do título de Engenheiro  
Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Cicero Antônio de Sousa Araújo

PETROLINA – PE

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

S237 Santos, Marcos Felipe Queiroz dos.

Avaliação do efeito do biocarvão e microrganismos eficientes (em) na produção de mudas de alface em vermiculita / Marcos Felipe Queiroz dos Santos. - Petrolina, 2025. 41 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural, 2025.

Orientação: Prof. Dr. Cicero Antônio de Sousa Araújo.

1. Ciências Agrárias. 2. Nutrição vegetal. 3. Biocarvão. 4. Microrganismos eficientes (EM). 5. Substrato agrícola. I. Título.

CDD 630

---

**MARCOS FELIPE QUEIROZ DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DO BIOCÁRVÃO E MICRORGANISMOS EFICIENTES  
(EM) NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE EM VERMICULITA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao IFSertãoPE *Campus*  
Petrolina Zona Rural, exigido como parte para  
a obtenção do título de Engenheiro  
Agrônomo.

Aprovada em: 30 de fevereiro de 2025.

---

Dr. Cícero Antônio de Sousa Araújo (Orientador/Presidente) IFSertãoPE –  
Campus Petrolina Zona Rural

---

Dr. Fabio Freire de Oliveira (Membro da banca) IFSertãoPE – Campus  
Petrolina Zona Rural

---

Dra. Flávia Cartaxo Ramalho Vilar (Membro da banca) IFSertãoPE – Campus  
Petrolina Zona Rural

## DEDICATÓRIA

Ao meu pai Antônio José dos Santos  
A minha irmã Rebeca Queiroz Pereira  
Aos meus familiares e amigos

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus pela minha vida e por me ajudar durante o percurso desta caminhada, para que eu pudesse ter êxito nesta etapa da minha vida.

Ao meu pai Antônio José dos Santos que me ajudou moralmente e financeiramente a chegar até aqui, acreditando na minha capacidade.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano pela realização da graduação.

Aos professores pela contribuição durante o decorrer da graduação em especial a Professora e Dra. Flávia Cartaxo Ramalho Vilar na qual fui bolsista parte da graduação e tive a sorte de tê-la comigo ajudando com seus conselhos que ficaram eternamente marcados na memória e o professor Mr. Adelmo Santana pelos conselhos e ensinamento e as caronas.

A meu orientador professor Dr. Cicero Antônio de Sousa Araújo, pelo ensinamento, paciência, confiança, organização e contribuição para a realização desse trabalho.

A minha irmã Rebeca Queiroz Pereira pelo apoio moral durante o percurso.

A todos os meus colegas de graduação que de alguma forma contribuíram para minha formação, em especial para Jailson Moura e Vinicius Brandão que se tornaram amigos de verdade.

Aos colegas do horto medicinal orgânico que por mais de 3 anos fizeram parte da minha rotina diária.

A todos os familiares e amigos que me ajudaram a concluir essa jornada.

## RESUMO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma das hortaliças mais cultivadas no Brasil, sendo fundamental para a geração de emprego e renda, especialmente entre pequenos produtores. O sucesso produtivo da cultura depende da qualidade das mudas, que afeta tanto o desenvolvimento das plantas quanto a qualidade final do produto. Substratos adequados são essenciais para o bom desenvolvimento das mudas, devendo combinar boa retenção de água, aeração, estrutura, nutrientes balanceados, pH e capacidade de troca catiônica. Entre as alternativas de substratos, destaca-se o uso do biocarvão em vermiculita, o biocarvão é um material carbonáceo produzido pela pirólise de biomassa, com propriedades químicas e físicas específicas. Outra solução promissora envolve o uso microrganismos eficientes (EM). Com isso o trabalho teve como objetivo avaliar a influência do biochar e dos microrganismos eficientes (EM) na produção de mudas. O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Petrolina Zona Rural. Utilizou-se a alface crespa Cristina em um delineamento inteiramente casualizado com 13 tratamentos, combinando vermiculita, biocarvão nas doses de 0,1%, 0,5%, 1%, 2%, e 4% e microrganismos eficientes na relação EM/água de 1/200. As mudas, cultivadas em bandejas rígidas, foram avaliadas aos 21 dias após a semeadura quanto o estande final, diâmetro do colo (DC), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), matéria fresca da parte aérea (MFPA), matéria fresca da raiz (MFR), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR), matéria fresca total (MFT), matéria seca total (MST) e Índice de Qualidade de Desenvolvimento (IQD). As análises mostraram que as doses de biochar e EM, bem como sua interação, apresentaram significância estatística ( $p < 5\%$ ), com CVs dentro de padrões aceitáveis. As variáveis apresentaram melhor desempenho com dose de 2% de biocarvão e obtiveram crescimento quadrático, indicando maior absorção de nutrientes e acúmulo de biomassa. A adição de EM potencializou os resultados, destacando-se na combinação de 2% de biochar com EM (1/200), que resultou em mudas de melhor qualidade.

**Palavras-chaves:** Nutrição vegetal, substrato agrícola, biocarvão, microrganismos eficientes (EM)

## ABSTRACT

Lettuce (*Lactuca sativa L.*) is one of the most widely cultivated vegetables in Brazil, playing a crucial role in job and income generation, especially among small producers. The productive success of the crop depends on the quality of seedlings, which affects both plant development and the final product quality. Suitable substrates are essential for proper seedling development, requiring a balance of good water retention, aeration, structure, nutrients, pH, and cation exchange capacity. Among substrate alternatives, the use of biochar in vermiculite stands out. Biochar is a carbonaceous material produced through biomass pyrolysis, possessing specific chemical and physical properties. Another promising solution involves the use of effective microorganisms (EM). Thus, this study aimed to evaluate the influence of biochar and effective microorganisms (EM) on seedling production. The experiment was conducted at the Federal Institute of Education, Science, and Technology, Petrolina Zona Rural Campus. The *Cristina* curly lettuce variety was used in a completely randomized design with 13 treatments, combining vermiculite, biochar at doses of 0.1%, 0.5%, 1%, 2%, and 4%, and effective microorganisms in an EM/water ratio of 1/200. The seedlings, cultivated in rigid trays, were evaluated 21 days after sowing for final stand, stem diameter (SD), shoot length (SL), root length (RL), fresh shoot weight (FSW), fresh root weight (FRW), dry shoot weight (DSW), dry root weight (DRW), total fresh weight (TFW), total dry weight (TDW), and the Development Quality Index (DQI). The analyses showed that biochar and EM doses, as well as their interaction, had statistical significance ( $p < 5\%$ ), with coefficient of variation (CV) values within acceptable standards. The variables performed best at a 2% biochar dose, exhibiting quadratic growth, indicating greater nutrient absorption and biomass accumulation. The addition of EM enhanced the results, with the combination of 2% biochar and EM (1/200) yielding the highest quality seedlings.

**Keywords:** Plant nutrition, agricultural substrate, biochar, effective microorganisms (EM).

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- EM – Microrganismos eficientes
- EF – Estande final
- IVG – Índice de velocidade de germinação
- NF – Número de folhas
- CPA – Comprimento da parte aérea
- CR – Comprimento da raiz
- DC – Diâmetro do colo
- MFR – Massa fresca da raiz
- MFPA – Massa fresca da parte aérea
- MFT – Massa fresca total
- MSR – Massa seca da raiz
- MSPA – Massa seca da parte aérea
- MST – Massa seca total
- IQD – Índice de qualidade de desenvolvimento
- TPI – Terra Preta de Índio

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - semente de alface crespa utilizada no trabalho.....  | 21 |
| Figura 2 - bandejas instalada sobre a bancada hidropônica.....  | 22 |
| Figura 3 - material contendo vermiculita, biocarvão e os microrganismos eficientes (EM) de cada tratamento.....   | 23 |
| Figura 4 - caracterização química do biocarvão .....  | 23 |
| Figura 5 – mudas de alface crespa após 21 dias. ....  | 24 |
| Figura 6 - comparação dos tratamentos com doses crescente de biocarvão com presença e ausencia de microrganismos eficientes (EM) .....  | 26 |
| Figura 7 – respostas das variáveis ( A – comprimento da raiz CR; B – diâmetro do colo DC; C – matéria fresca da parte aérea MFPA; D – massa fresca da raiz MFR; E – massa seca da raiz MSR; F – massa seca da parte aérea MSPA e G – índice de qualidade de desenvolvimento IQD) em função das doses de biocarvão na alface crespa. ....  | 28 |
| Figura 8 – respostas das variáveis (A – comprimento da raiz CR; B – comprimento da parte aérea CPA; C – diâmetro do colo DC; D – massa fresca da raiz MFR; E – matéria fresca da parte aérea MFPA; F – massa seca da raiz MSR; G – massa seca da parte aérea MSPA; H – massa seca total MST; I – índice de qualidade de desenvolvimento IQD) em função das doses de biocarvão e microrganismos eficientes (EM) no alface crespa. .... | 31 |

Tabela 1 - Resumo das análises de variâncias (valores de quadrados médios) na produção de mudas de alface em função das doses crescente de biocarvão e dose comercial 1/200 de EM. Petrolina, Pernambuco. 2024. 27

## SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                       | <b>12</b> |
| <b>2</b> | <b>OBJETIVOS.....</b>                         | <b>13</b> |
| 2.1      | OBJETIVO GERAL .....                          | 13        |
| 2.2      | OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                    | 13        |
| <b>3</b> | <b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>               | <b>14</b> |
| 3.1      | SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS .....       | 14        |
| 3.2      | VERMICULITA.....                              | 15        |
| 3.3      | BIOCARVÃO .....                               | 15        |
| 3.4      | MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM) .....         | 17        |
| 3.5      | CULTIVO DE ALFACE EM AMBIENTE PROTEGIDO ..... | 18        |
| <b>4</b> | <b>METODOLOGIA .....</b>                      | <b>20</b> |
| 4.1      | LOCAL DA EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO.....         | 20        |
| 4.2      | DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....                | 20        |
| 4.3      | INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....     | 21        |
| 4.4      | CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO BIOCARVÃO .....     | 23        |
| 4.5      | VARIÁVEIS ANALISADAS .....                    | 24        |
| <b>5</b> | <b>RESULTADOS E DISCURSÕES.....</b>           | <b>26</b> |
| <b>6</b> | <b>CONCLUSÃO .....</b>                        | <b>35</b> |
| <b>7</b> | <b>REFERÊNCIAS.....</b>                       | <b>36</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A alface é uma das hortaliças folhosas mais consumidas no Brasil, gerando grande demanda por seu cultivo. Uma das variedades mais consumidas é a alface crespa sem a formação de cabeça, especialmente apreciada por sua crocância e durabilidade pós-colheita. Isso torna a alface uma escolha popular para saladas e lanches rápidos, impulsionando ainda mais sua procura no mercado brasileiro (SILVEIRA, 2019).

Para que a alface alcance seu máximo potencial produtivo, é fundamental garantir uma boa formação das mudas. Essa etapa é a mais crucial no ciclo da cultura, pois o desenvolvimento final das plantas depende diretamente das condições nutricionais iniciais. Além de impactar a qualidade do produto que chega ao consumidor, produção de mudas feitas de maneira errada podem resultar em perdas na produção, comprometendo o crescimento da cultura e prolongando seu ciclo.

A produção de mudas em ambientes controlados tem se consolidado como uma alternativa eficiente e sustentável para a agricultura moderna. Esses ambientes, como estufas, viveiros ou câmaras de cultivo, oferecem condições ideais de temperatura, umidade, luminosidade e nutrição, proporcionando maior controle sobre os fatores que influenciam o desenvolvimento das plantas (Silva et al., 2020). Essa abordagem não apenas maximiza a taxa de sobrevivência das mudas, como também reduz o impacto de pragas, doenças e variações climáticas adversas (FAO, 2021).

Para garantir a formação adequada das mudas, os substratos devem possuir características químicas e físicas que proporcionem uma retenção de água, favorecendo a germinação e crescimento radicular além de suprir os nutrientes necessários para o desenvolvimento saudável das plantas, deve apresentar, ainda, boa aeração, pH ideal e textura.

Uma opção alternativa de substrato é a vermiculita com a adição de biocarvão, e os microrganismos eficientes (EM), o uso desses produtos podem dar características físicas e químicas a vermiculita, possibilitando melhor aeração, retenção de água, liberação de nutrientes e solubilização dos minerais pelos microrganismos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

- Avaliar a influência do biocarvão e dos microrganismos eficientes (EM) na produção de mudas em vermiculita.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Avaliar o efeito do biocarvão na produção de mudas;
- Avaliar o efeito dos microrganismos eficientes (EM) na produção de mudas;
- Identificar qual a melhor dose do biocarvão que promove melhor desenvolvimento de mudas;

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 Substratos para produção de mudas**

A produção de mudas de hortaliças de alta qualidade é um fator determinante no sucesso do cultivo final. Logo, a produção de mudas depende diretamente do material onde ocorrerá a germinação da semente e o enraizamento do sistema radicular das hortaliças, com adequado suprimento de água, ar e nutrientes (FILGUEIRA, 2008).

O termo "substrato para plantas" pode ser definido como o meio no qual as raízes das plantas cultivadas fora do local definitivo se desenvolvem, podendo ser constituído tanto por solo mineral quanto por material orgânico, além da possibilidade de composição por um único tipo de material ou por uma combinação de diferentes componentes em misturas (KAMPF 2005).

A técnica de produção de mudas de alface em bandejas de poliestireno expandido (Isopor®) com células individualizadas e com posterior transplante para o canteiro definitivo é considerada um dos métodos mais eficientes, pois resulta em mudas mais uniformes, evitando a competição entre as plantas e diminuindo o estresse das raízes durante o processo de transplante (JAIME et al., 2023).

Nesse contexto, a produção de mudas de qualidade depende de vários fatores, sendo a composição dos substratos um fator de grande importância, pois a germinação das sementes, a iniciação radicular e o enraizamento estão diretamente ligados às características químicas, físicas e biológicas do substrato (CALDEIRA et al., 2012).

A produção de mudas depende da utilização de substratos adequados, sendo limitada muitas vezes pelo seu alto custo. Neste sentido, o uso de diversos materiais, minerais ou orgânicos podem ser componentes de um substrato, fornecendo nutrientes, aeração e suporte para mudas, podendo representar uma alternativa para diminuir o custo de produção vegetal quando disponíveis localmente (BRITO et al., 2010).

A utilização de solo na mistura de materiais para produção de mudas, Filgueira (2003) cita que um bom substrato não deve conter grandes quantidades de solo,

devido à presença de fitopatógenos e sementes de plantas espontâneas, além de dificultar a retirada da muda com o torrão inteiro.

De acordo com Carrijo et al. (2002) vários materiais orgânicos, como as turfas, resíduos de madeira, casca de pinus e de arroz, parcialmente carbonizadas ou não, esterco animal curtido, vermiculita, ou materiais minerais como solo, areia, rochas vulcânicas, perlita, pó de rocha e a espuma fenólica já são utilizados como substrato para a produção comercial de mudas de hortaliças.

O esterco é considerado um dos principais substratos orgânicos destinados à produção de mudas, sendo amplamente utilizado por produtores rurais, já que desempenha um papel fundamental na melhoria da fertilidade e a disponibilidade de nutrientes. Além disso, o esterco atua na prevenção do efeito de acidificação do meio (MEI et al., 2021).

### **3.2 Vermiculita**

A vermiculita é um substrato comumente utilizado para a produção de mudas de espécies florestais e também poderia ser utilizada nos laboratórios de análise de sementes para instalação do teste de germinação, por apresentar vantagens como: fácil obtenção, viabilidade econômica, uniformidade na composição química e granulométrica, porosidade, capacidade de retenção de água e baixa densidade (FIGLIOLIA; OLIVEIRA; PIÑA RODRIGUES, 1993; MARTINS; BOVI; SPIERING, 2009).

Dentre os vários materiais que podem ser utilizados como substrato, considera-se que a vermiculita é um bom agente de melhoria das condições físicas, e no que diz respeito às condições químicas ela é ativa liberando íons magnésio ( $Mg^{2+}$ ) para a solução e adsorvendo fósforo e nitrogênio amoniacal (Túllio Júnior et al., 1986).

### **3.3 Biocarvão**

Estudos sobre o uso de diferentes biomassas carbonizadas têm sido realizados, como uma alternativa mais sustentável para recuperação de solos agrícolas. A biomassa é todo material orgânico originado de diversos organismos, como resíduos de plantas, animais, safras, madeiras e microrganismos (VOLOSHIN

et al., 2016). O produto da carbonização dessas biomassas através da pirólise, denominado como biocarvão, possui propriedades as quais podem ser aplicadas como condicionadores de solo, como a correção do pH e aumento da capacidade de ampliação da produtividade, redução de emissões de gases de efeito estufa, e sequestro de carbono. porosidade do solo (GALINATO et al., 2011).

As características químicas da superfície do biocarvão é variada podendo assumir comportamento ácido, básico, hidrofóbico e hidrofílico. A contribuição de cada característica no material depende da matéria-prima e da condição de produção (AMONETTE; JOSEPH, 2009).

Pesquisas com aplicação de biomassa carbonizada em solo têm apresentado bons resultados na absorção e retenção de água, influenciado diretamente pela estrutura e tamanho dos poros do biocarvão (OGAWA et al., 2010). Propriedades como elevada área superficial, capacidade de troca catiônica (CTC), baixa densidade aparente, variações de pH entre neutro e alcalino, alta concentração de carbono e alta resistência a deterioração, torna o biocarvão ideal como condicionador de solo para solos argilosos e arenosos (GWENZI et al., 2015).

O biocarvão, funciona como uma tecnologia viável e ambiental para o melhoramento das características do solo, atua no sequestro de carbono, e pode também ser usado como absorvente de baixo custo e de grande eficiência na remoção de poluentes (COLEN et al., 2020).

A utilização do biocarvão no meio agrícola cresce nos últimos anos por desempenhar um papel significativo como adubo orgânico, proporcionando benefícios agrônômicos, ambientais e econômicos (SHAABAN et al., 2018). Seu uso está voltado em aumentar a fertilidade, e melhorar a retenção de água no solo, inativar moléculas de pesticidas biorremediação e diminuir a emissão de gases do efeito estufa (REN et al., 2016).

Atualmente, a adição de biocarvão no solo é objeto de pesquisas que visam também a sua aplicação como forma de sequestrar carbono no solo. Devido à natureza recalcitrante do biocarvão sua taxa de degradação é diminuída retardando a emissão do carbono presente no material e conseqüentemente elevando a concentração de carbono no solo (LEHMANN; JOSEPH, 2009; WOOLF et al., 2010).

Uma opção alternativa de substrato é o biocarvão ou biocarvão, de origem orgânica, ele pode ser descrito como um produto carbonáceo, produzido através do

processo de pirólise que pode ser produzido a partir de uma gama de materiais orgânicos, sendo eles vegetais e/ou animal. A origem do material orgânico e a forma com que a matéria prima é pirolisada, altera as propriedades físicas e químicas do biocarvão e os teores de nutrientes disponíveis (ZHANG et al, 2016).

A origem do biocarvão, ou biocarvão, foi encontrada em tribos indígenas da Amazônia, que depositavam no solo material residual da queima de biomassa (LEHMANN et al., 2006), e deram origem ao solo antropogênico denominado “Terra Preta de Índio” (TPI).

A Terra Preta de Índio (TPI) é caracterizada por elevada concentração de elementos como cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), zinco (Zn), cobre (Cu), entre outros, além de apresentar maior índice de pH e concentração de matéria orgânica, que é considerada incomum para os solos intemperizados da mesma região (WOODS et al., 2009). As propriedades reconhecidamente benéficas da TPI motivaram o surgimento do biocarvão, com seu desenvolvimento voltado para aplicação no solo, com a principal finalidade de reproduzir as características da TPI.

### **3.4 Microrganismos eficientes (EM)**

Os microrganismos eficientes (EM) disponibilizam nutrientes essenciais às culturas na solução do solo, produzem fitormônios, promovem crescimento e maior produtividade das plantas, com baixo custo e sem prejudicar o meio ambiente (Arruda, 2012).

Saharan e Nehra (2011) descreveram uma série de benefícios que as espécies de *Bacillus* proporcionam às culturas, dentre eles a melhoria de diferentes parâmetros de raiz como potencial de enraizamento, comprimento radicular e teor de matéria seca. As bactérias do gênero *Bacillus* apresentam como principais vantagens resistência à dessecação, por produzirem endósporo de resistência, possuem capacidade de sobrevivência quando formuladas com polímeros e inertes, além de apresentarem mecanismos antagônicos (Lanna-Filho, 2010).

Canbolat et al. (2006) identificaram, em suas pesquisas, que a inoculação de *Bacillus subtilis* nas sementes de milho e algodão resultou em um aumento significativo na disponibilidade de nutrientes, o que, por sua vez, promoveu um crescimento mais vigoroso das plantas.

Outra espécie relevante é o *Bacillus megaterium*, que possui a capacidade de solubilizar fósforo e potássio, além de produzir fitormônios que favorecem o crescimento das plantas. Essa bactéria, amplamente usada como inoculante de solo, foi responsável por aumentar a absorção de nutrientes em diversas culturas (Ribeiro et al., 2018).

Já o *Bacillus aryabhattai*, isolado pela primeira vez em 2009, é também uma espécie com potencial agrícola, especialmente por sua capacidade de aumentar a resistência das plantas a estresses abióticos, como a seca, e por promover a disponibilidade de nutrientes como fósforo, nitrogênio e potássio. Essa bactéria atua reduzindo o pH do solo, o que favorece a solubilização de fósforo, além de secretar ácidos orgânicos e enzimas fosfatases que contribuem para a liberação desse nutriente essencial (Park et al., 2017).

Atualmente, há diversos produtos comerciais formulados com microrganismos, conhecidos como inoculantes ou biofertilizantes. Esses produtos contêm microrganismos benéficos, incorporados a um veículo inerte e são aplicados em sementes, na superfície das plantas ou no solo e em substratos. Seu uso visa promover a colonização da raiz e da parte aérea, ativando mecanismos na planta que favorecem o crescimento vegetal e o desenvolvimento saudável das plantas.

A utilização das rizobactérias e dos fungos de solo como o *Trichoderma* sp como as promotoras de crescimento vegetal pode ser utilizado para produção de mudas. Esses microrganismos eficientes vêm ganhando cada vez mais espaço no mercado agrônomico e uma opção biológica promissora para melhorar a produtividade das culturas (Araujo, 2019, Fernandes et al., 2024).

### **3.5 Cultivo de alface em ambiente protegido**

O cultivo convencional de alface na região do Vale do São Francisco é limitado, devido às altas temperaturas e à intensa incidência solar, a cultura não consegue expressar todo o seu potencial. Diante desse cenário, o uso de ambientes protegidos surge como uma alternativa viável para garantir melhores condições de desenvolvimento da cultura.

O propósito da agricultura em ambientes protegidos é aprimorar as condições ambientais para possibilitar uma produção de hortaliças controlada e eficiente em todas as épocas do ano, com elevada qualidade dos produtos colhidos (BOAS et al.,

2007). A utilização de um ambiente protegido contribui para otimizar o crescimento vegetativo, resultando em produção mais precoce e de melhor qualidade, em comparação com o cultivo a campo (CARON, 2002).

Radin et al. (2014), cultivando alface em estufas plásticas cobertas por polietileno agrícola no município de Eldorado do Sul, RS, concluíram que a folhosa se apresentou mais hidratada em comparação às produzidas à campo, apresentando-se mais tenras e com melhor aspecto visual, ou seja, com elevada qualidade ao consumidor final.

Reis et al. (2012) ressalta a conexão entre duas variáveis climáticas, temperatura e radiação solar, ao destacarem que o cultivo em estufas plásticas proporciona proteção às plantas contra temperaturas elevadas e intensidade excessiva de radiação solar ao longo de seu ciclo de crescimento. Conforme mencionado pelos autores, a luz desempenha um papel complexo no crescimento, desenvolvimento e produção de culturas, e devido à absorção e reflexão do material utilizado na cobertura plástica, a densidade do fluxo de radiação solar global no interior do ambiente protegido é inferior àquela observada do lado de fora. O aumento da irradiância pode, por sua vez, pode elevar a fotossíntese e a produção de fotoassimilados para o crescimento das plantas.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Local da execução do experimento

O trabalho foi realizado no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Campus Petrolina Zona Rural, e conduzido em ambiente protegido da hidroponia do campus. Com clima regional do tipo semiárido, apresentando baixos índices pluviométricos, com longos períodos de seca e chuvas escassas, concentradas em poucos meses do ano, e altas temperaturas, com média de 25 °C. As coordenadas do local do experimento foram: 9°20'12.49"S de latitude e 40°41'23.82"O de longitude e 420,89 m de altitude.

### 4.2 Delineamento experimental

Foi utilizada a cultivar de alface crespa Cristina (*Lactuca sativa L.*) figura 1, e o experimento foi implantado seguindo um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições, cada repetição constituída por 100 plantas, sendo 62 plantas uteis e 32 plantas de bordaduras.

Para o desenvolvimento do experimento foi utilizado vermiculita, Biocarvão nas porcentagens de 0,1%, 0,5%, 1%, 2%, e 4% e utilizou EM na proporção EM/água de 1/200 dosagem comercial.

Com isso os tratamentos foram nomeados de T1: controle(somente vermiculita e água); T2: vermiculita, água mais 0,1 % de biocarvão; T3: vermiculita, água e 0,5 % de biocarvão; T4: vermiculita, água e 1% de biocarvão; T5: vermiculita, água e 2% de biocarvão; T6: vermiculita, água e 4% de biocarvão; T7: vermiculita, água e EM, T8: vermiculita, EM e 0,1 % de biocarvão; T9: vermiculita, EM e 0,5 % de biocarvão; T10: vermiculita, EM e 1 % de biocarvão; T11: vermiculita, EM e 2 % de biocarvão; T12: vermiculita, EM e 4 % de biocarvão.

Figura 1 - semente de alface crespa utilizada no trabalho



Fonte: <https://www.vidasul.com.br/>

### 4.3 Instalação e condução do experimento

Os tratamentos foram dispostos na hidroponia sobre uma bancada plana de cimento com caimento de 4%, nessa bancada o sistema hidropônico era NFT (Nutrient Film Technique) figura 2, esse sistema funciona circulando uma fina camada de solução nutritiva ao longo da bancada, onde as raízes das plantas estão expostas. Esse fluxo constante permite que as plantas tenham acesso contínuo a nutrientes, oxigênio e água, o que promove um crescimento rápido, saudável e uniforme. A formação das mudas foi realizada em bandejas rígidas de plásticos. Cada bandeja apresentava 200 células com volume de 18 cm<sup>3</sup>.

Durante o experimento a irrigação era feita diariamente 4 vezes ao dia de forma automática, utilizando uma bomba d'água junto com Timer Temporizador. A solução nutritiva utilizada seguiu o mesmo padrão adotado na produção hidropônica convencional do campus, formulada com base nas recomendações técnicas para o cultivo hidropônico, garantindo o fornecimento adequado de macro e micronutrientes essenciais.

Foram utilizados baldes com capacidade de 5 litros (Figura 3) para a preparação das misturas contendo vermiculita, biocarvão e água, de acordo com as proporções previamente estabelecidas para cada tratamento experimental. A escolha dos baldes como recipiente visou garantir a homogeneização adequada dos

componentes, permitindo uma distribuição uniforme das partículas e da umidade na mistura.

A mistura dos componentes seguiu um padrão, pesando a quantidade de vermiculita e biocarvão que atendesse todas as repetições de cada tratamento, e o volume de água que umedecesse a vermiculita e o biocarvão. A determinação do peso da vermiculita foi realizada a partir da umidificação prévia do material, seguida de sua secagem em estufa a 65 °C até atingir peso constante. Esse procedimento permitiu a obtenção da massa seca exata da vermiculita e o volume de água, garantindo maior precisão na formulação das misturas e na padronização dos tratamentos experimentais.

Figura 2 - bandejas instalada sobre a bancada hidropônica.



Fonte: autoria própria.

Figura 3 - material contendo vermiculita, biocarvão e os microrganismos eficientes (EM) de cada tratamento.



Fonte: autoria própria.

#### 4.4 Caracterização química do biocarvão

A caracterização química de um biocarvão (figura 4) é essencial para compreender sua composição, propriedades e potencial de aplicação em diferentes áreas, como melhoria da fertilidade do solo, remediação ambiental e adsorção de contaminantes.

A análise química do biocarvão envolve a determinação de seus principais constituintes, incluindo teor de carbono (C), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), fósforo (P) e sódio (Na), bem como verificar o pH e condutividade elétrica (CE) do material.

Biocarvões derivados de biomassas ricas em minerais tendem a apresentar pH alcalino, favorecendo a neutralização de solos ácidos. A CE avalia a presença de sais solúveis, sendo um fator importante na aplicação agrícola.

Figura 4 - caracterização química do biocarvão

| LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE SOLO E PLANTA |                      |          |                            |         |                              |                         |                        |       |      |      |       |               |                  |       |     |     |
|--|----------------------|----------|----------------------------|---------|------------------------------|-------------------------|------------------------|-------|------|------|-------|---------------|------------------|-------|-----|-----|
| LAUDO DE ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO         |                      |          |                            |         |                              |                         |                        |       |      |      |       |               |                  |       |     |     |
| Cliente:                                 | prof. Cicero Antônio |          |                            | CPF:    | Endereço IF SERTAO CPZR      |                         |                        |       |      |      |       |               |                  |       |     |     |
| Local da Coleta:                         |                      |          |                            |         | Código do Cliente: 24.04.591 |                         |                        |       |      |      |       |               |                  |       |     |     |
| Recebimento da Amostra:                  |                      |          |                            |         |                              |                         |                        |       |      |      |       |               |                  |       |     |     |
| PARÂMETROS                               |                      |          |                            |         |                              |                         |                        |       |      |      |       |               |                  |       |     |     |
| Protocolo                                | Descrição da amostra | Prof. cm | pH (1:25) H <sub>2</sub> O | CE dS/m | MO g/kg                      | P <sub>disn</sub> mg/kg | P <sub>rem</sub> mg/kg | K     | Na   | Ca   | Mg    | H+Al cmolc/kg | Al <sup>3+</sup> | SB    | CTC | V % |
| 24.04.591                                | BIOCARVÃO (R1)       |          | 7,28                       | 4,17    | NA                           | 143,09                  | NA                     | 18,31 | 1,91 | 6,40 | 15,82 | NA            | NA               | 42,44 | NA  | NA  |

Fonte: autoria própria.

#### 4.5 Variáveis analisadas

As plantas foram avaliadas aos 21 dias após a semeadura (DAS) quando as mudas apresentaram em torno de quatro folhas definitivas, (figura 5). Os parâmetros avaliados foram: estande (EF); Comprimento da parte aérea (CPA); Comprimento da raiz (CR); Diâmetro do colo (DC); sendo estas obtida através da medida da base do coleto até o ápice da folha mais nova e da base do coleto até o ápice da raiz com o auxílio de régua milimetrada. Após essa avaliação as mudas foram seccionadas para separação da parte aérea e do sistema radicular. Em seguida determinou-se a massa fresca da raiz (MFR); Massa fresca da parte aérea (MFPA); Massa seca da raiz (MSR); Massa seca da parte aérea (MSPA); Massa seca total (MST) e Índice de Qualidade do Desenvolvimento (IQD).

Figura 5 – mudas de alface crespa após 21 dias.



Fonte: autoria própria.

Na obtenção do (IQD) Índice de Qualidade do Desenvolvimento foi utilizada a metodologia de Dickson, Leaf e Hosner (1960) considerando os indicadores de massa

seca da parte aérea, das raízes e de massa seca total, altura e diâmetro do colo das mudas, conforme a equação a seguir:

$$IQD = \frac{MST}{\frac{CPA}{DC} + \frac{MSF}{MSR}}$$

Onde:

IQD = Índice de Qualidade do Desenvolvimento.

MST = massa seca total.

CPA = comprimento da parte aérea.

DC = diâmetro do colo.

MSF = massa seca da folha.

MSR = massa seca da raiz.

A determinação da massa seca das plantas foram obtidas gravimetricamente, após secagem do material vegetal em estufa a  $45\pm^0C$  até obtenção de massa seca constante. Diante do desenvolvimento do trabalho foi observado o vigor de planta, areabilidade do substrato e o tempo hábil para ir para o campo que foi pré-determinado quando as mudas atingissem 5 folhas definitivas.

A análise de variância dos resultados foi feita de acordo com o método para experimentos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), empregando-se o teste de Tukey a 5 % e regressão.

## 5 RESULTADOS E DISCURSÕES

A partir das análises dos dados (tabela 1), observou que as variáveis estande final (EF), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), massa fresca da raiz (MFR), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca total (MST), e índice de qualidade de desenvolvimento (IQD), foram influenciadas pelo uso de biocarvão do EM e para a inteiração do biocarvão com o EM, para a variável massa seca da raiz (MSR) o uso de biocarvão não influenciou, mas teve interação do EM. já para a variável diâmetro de colo (DC) o uso do EM e a inteiração de biocarvão em EM não influenciou. Na figura 6 ilustra aspectos do desenvolvimento vegetativo das mudas de alface, comparando os tratamentos com menor e maior dose de biocarvão com presença e ausência de EM.

Figura 6 - comparação dos tratamentos com doses crescente de biocarvão com presença e ausência de microrganismos eficientes (EM)



Fonte: autoria própria.

Tabela 1 - Resumo das análises de variâncias (valores de quadrados médios) na produção de mudas de alface em função das doses crescente de biocarvão e dose comercial 1/200 de EM. Petrolina, Pernambuco. 2024.

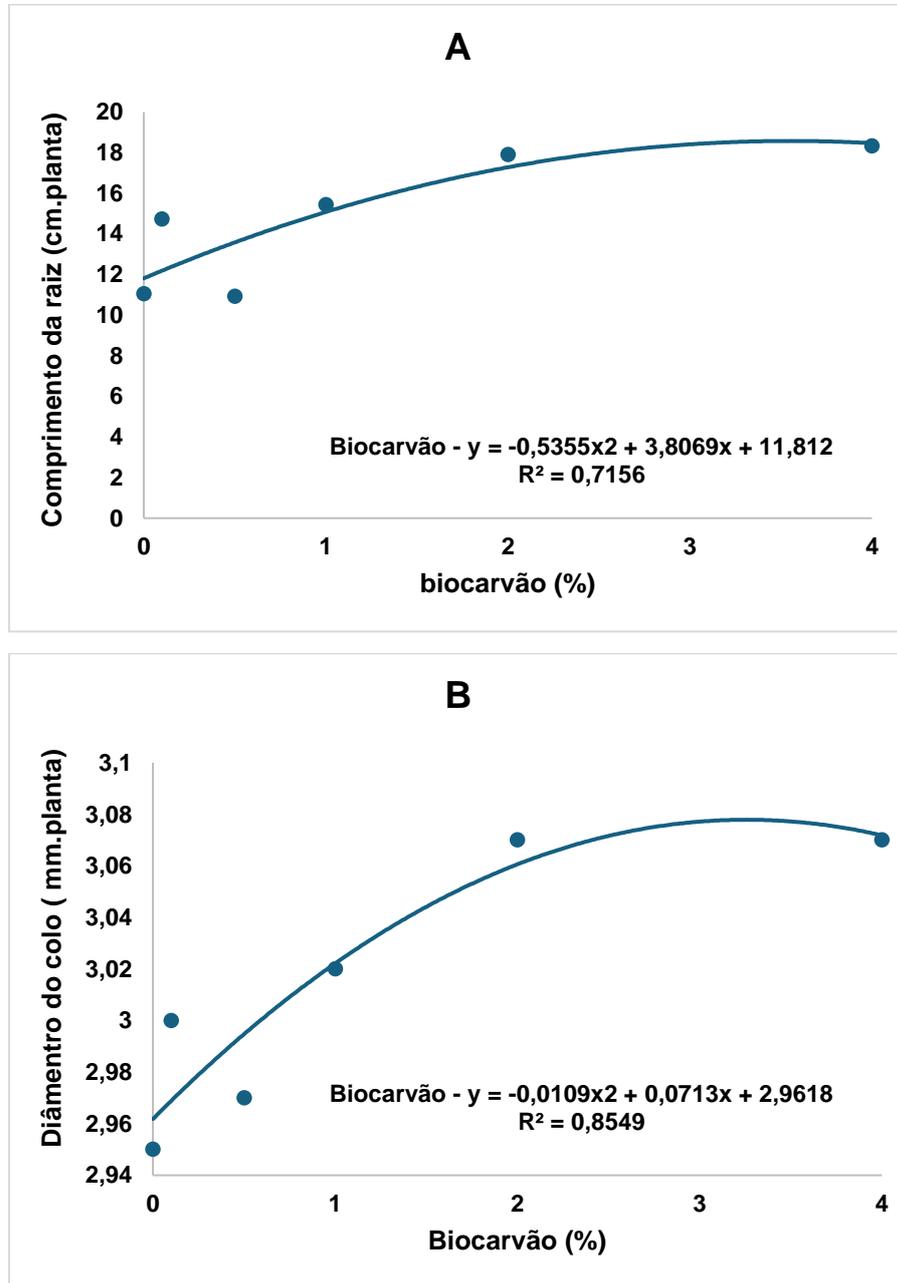
| FV           | GL | QM         |         |           |           |          |          |
|--------------|----|------------|---------|-----------|-----------|----------|----------|
|              |    | EF         | CPA     | CR        | DC        | MFR      | MFFA     |
| BIOCARVÃO    | 5  | 2279,97*** | 5,15*** | 121,15*** | 0,0278*** | 0,067*** | 0,226*** |
| EM           | 1  | 9718,52*** | 3,76*** | 410,26*** | 0,0033NS* | 0,094*** | 0,277*** |
| BIOCARVÃO*EM | 5  | 2279,97*** | 3,64*** | 14,66NS*  | 0,0058NS* | 0,044*** | 0,130*** |
| CV (%) =     |    | 4,03       | 12,52   | 19,57     | 3,25      | 20,30    | 21,23    |
| Média geral: |    | 85,77      | 6,26    | 17,66     | 3,0083    | 0,394    | 1,037    |

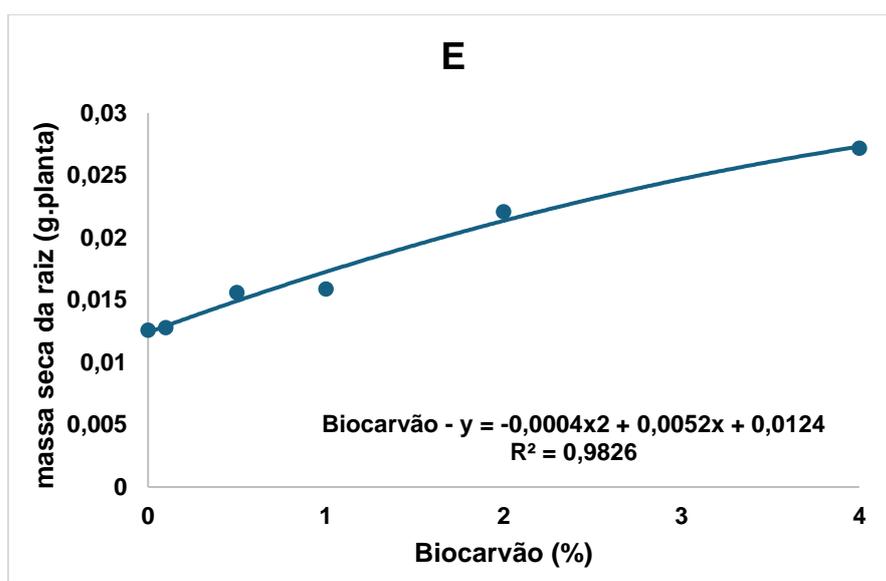
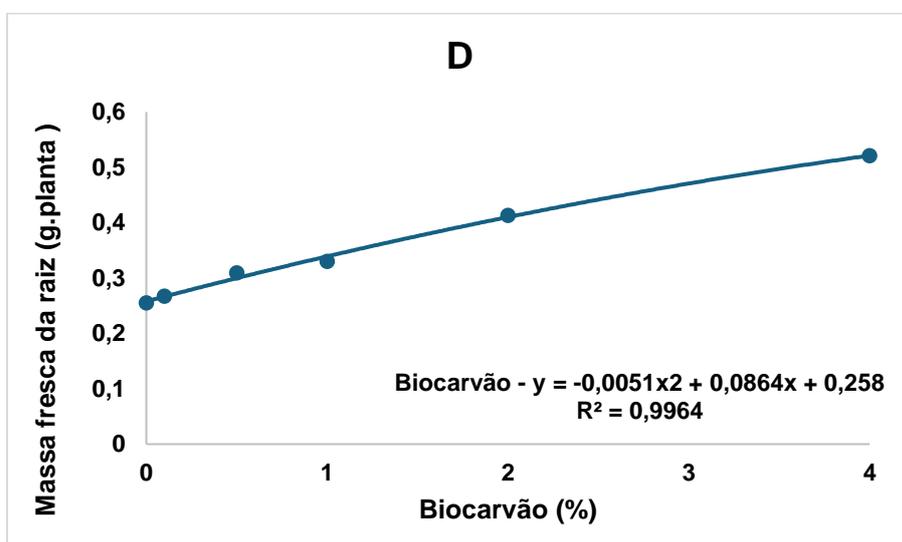
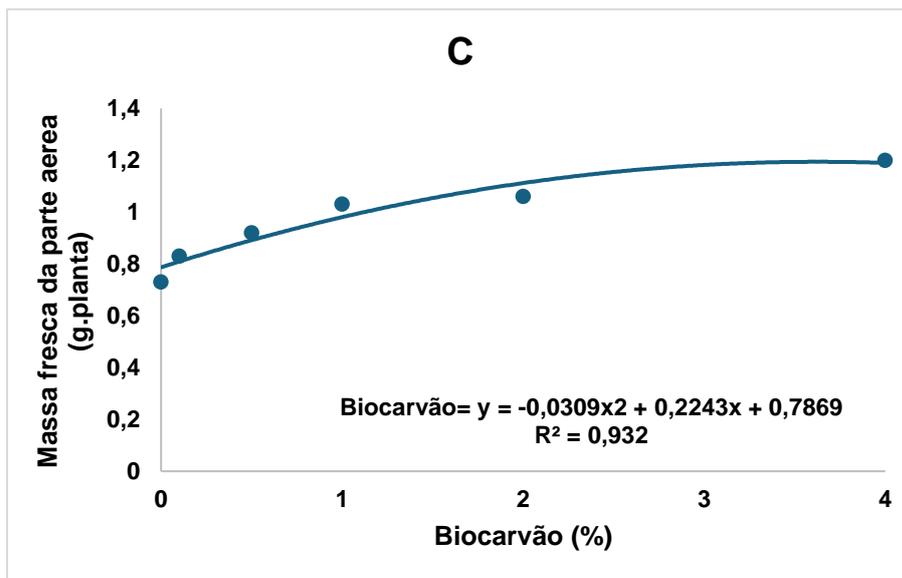
| FV           | GL | QM        |             |            |             |             |
|--------------|----|-----------|-------------|------------|-------------|-------------|
|              |    | MFT       | MSR         | MSPA       | MST         | IQD         |
| BIOCARVÃO    | 5  | 0,498**** | 0,000292NS* | 0,00140*** | 0,0027***   | 0,000106*** |
| EM           | 1  | 0,693***  | 0,000525*** | 0,00206*** | 0,0047***   | 0,000249*** |
| BIOCARVÃO*EM | 5  | 0,303***  | 0,000336*** | 0,00028*** | 0,000611*** | 0,000086*** |
| CV (%) =     |    | 18,04     | 46,88       | 6,42       | 13,03       | 32,10       |
| Média geral: |    | 1,431     | 0,0244      | 0,073      | 0,098       | 0,0186      |

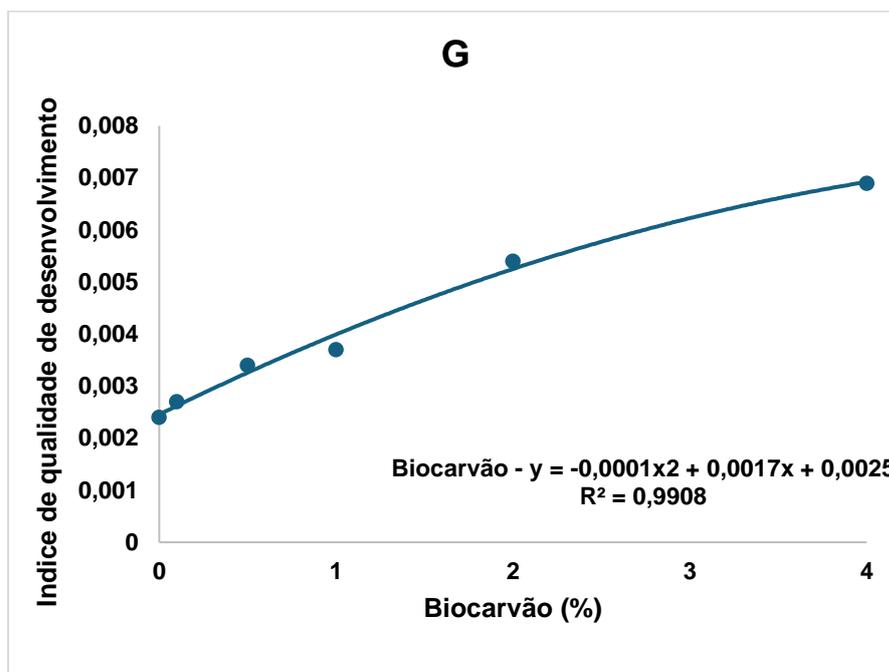
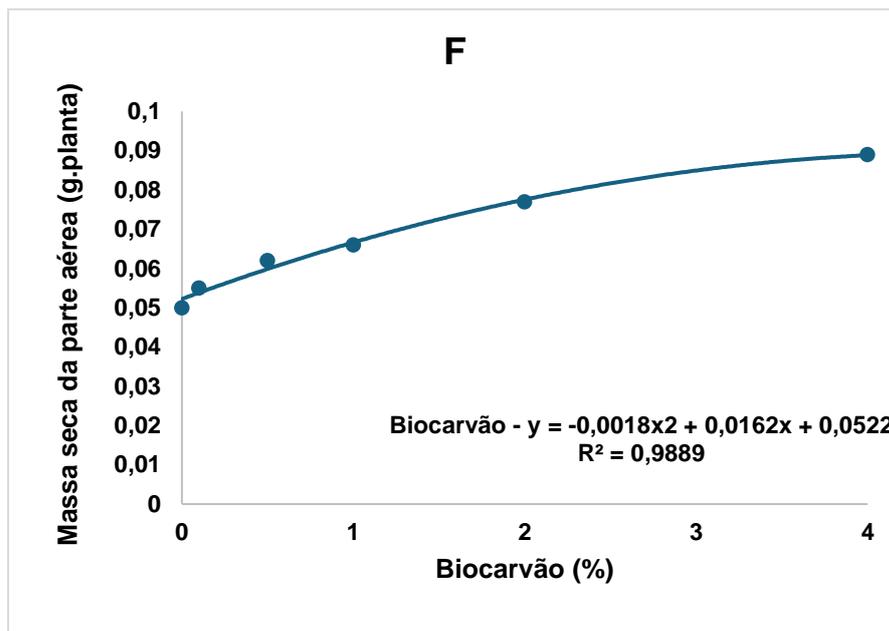
QM: Quadrado da média; CV: coeficiente de variação; EF: estande final; CPA: comprimento da parte aérea; CR: comprimento da raiz; DC: diâmetro do colo; MFR: massa fresca da raiz; MFF: massa fresca da folha; MFT: massa fresca total; MSR: massa seca da raiz; MSF: massa seca da folha; MST: massa seca total; IQD: índice de qualidade de desenvolvimento;\*\*\*: significativo a  $p < 0,005$ , NS\*: não houve significância.

Seguindo as análises dos dados na (figura 7), vemos que os resultados observados para as variáveis comprimento da raiz – CR, diâmetro do colo – DC e matéria fresca da folha – MFF, massa fresca da raiz – MFR, massa seca da raiz – MSR e massa seca da folha – MSF, aumentam com as doses de biocarvão de forma quadrática, com R<sup>2</sup> acima de 0,7000, com ponto de máximo, em torno de 2% de biocarvão na vermiculita. Esse comportamento sugere que, até essa dosagem, o biocarvão contribui para melhorias no desenvolvimento das plantas, provavelmente devido a sua capacidade de melhorar as propriedades físico-químicas do substrato, como a retenção de água, a disponibilidade de nutrientes e o aumento da atividade microbiana.

Figura 7 – respostas das variáveis ( A – comprimento da raiz CR; B – diâmetro do colo DC; C – matéria fresca da parte aérea MFPA; D – massa fresca da raiz MFR; E – massa seca da raiz MSR; F – massa seca da parte aérea MSPA e G – índice de qualidade de desenvolvimento IQD) em função das doses de biocarvão na alface crespa.



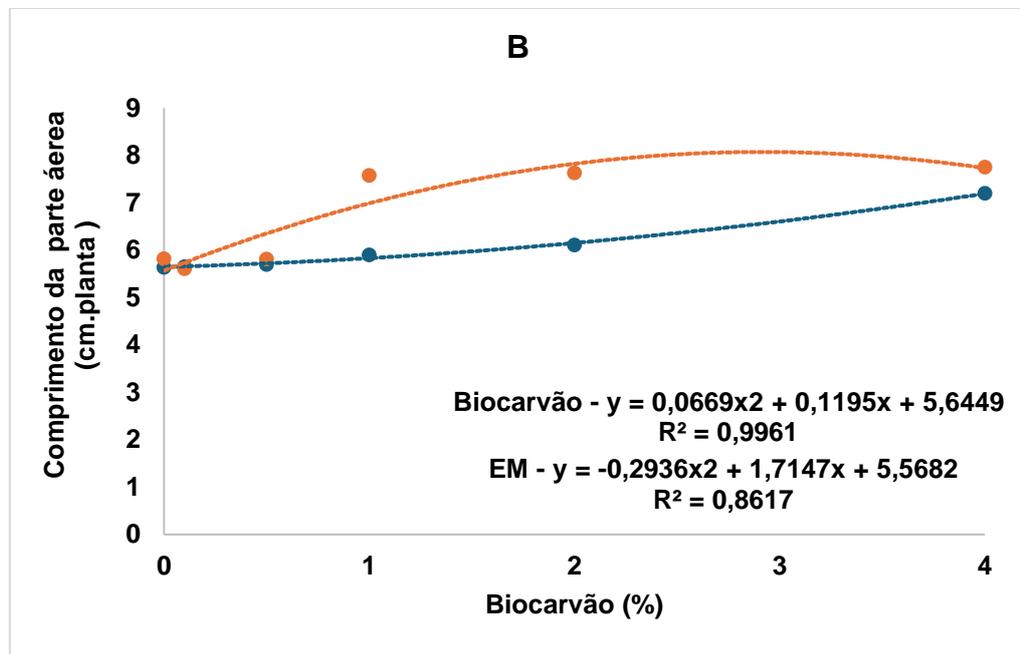
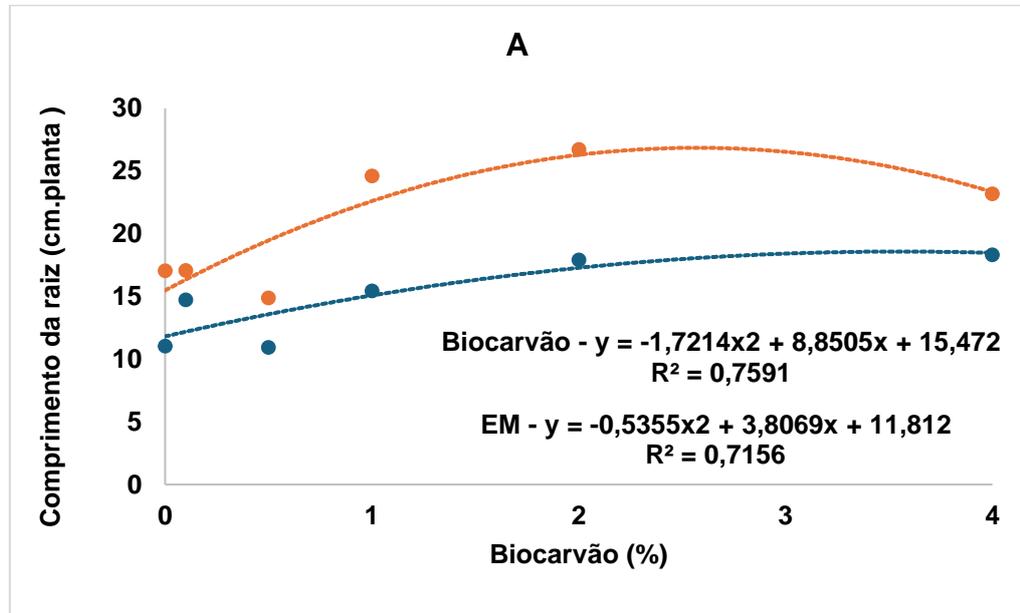


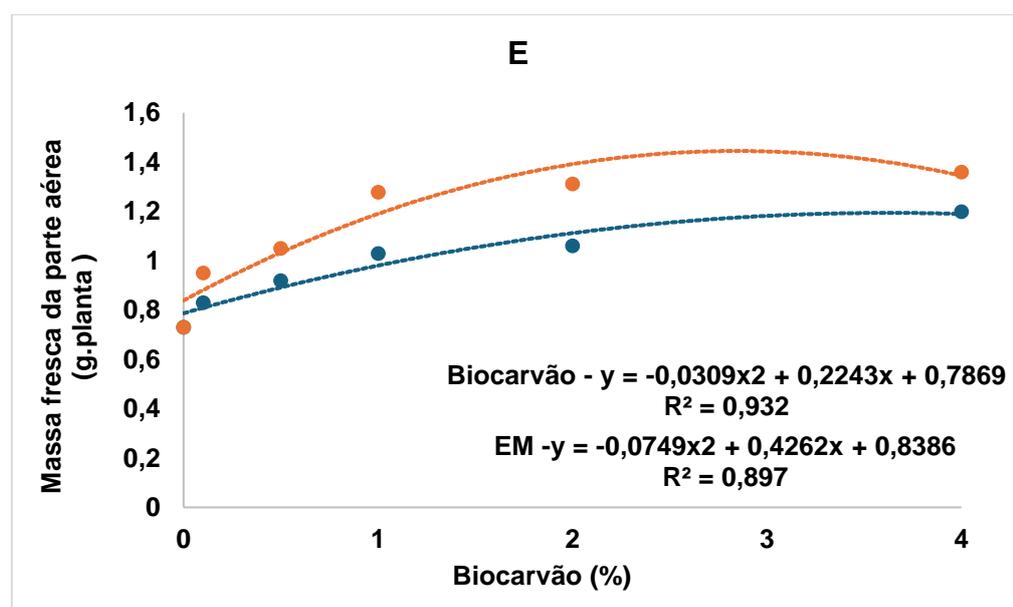
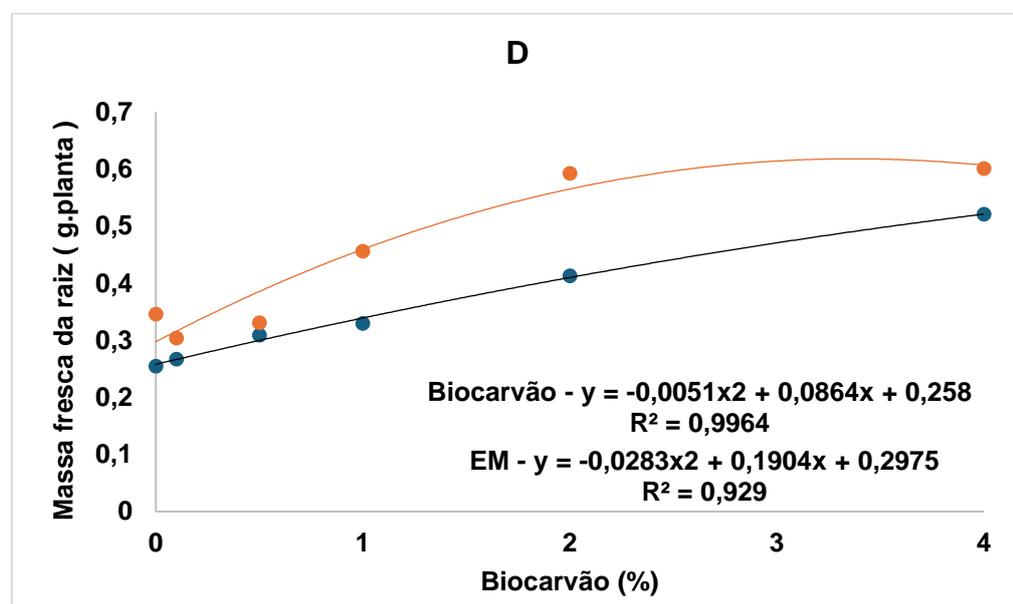
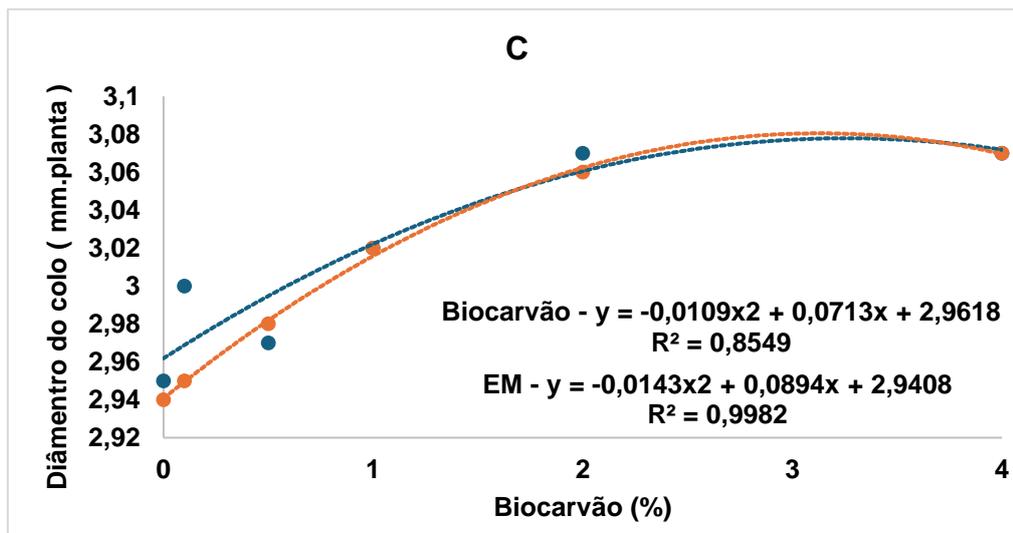


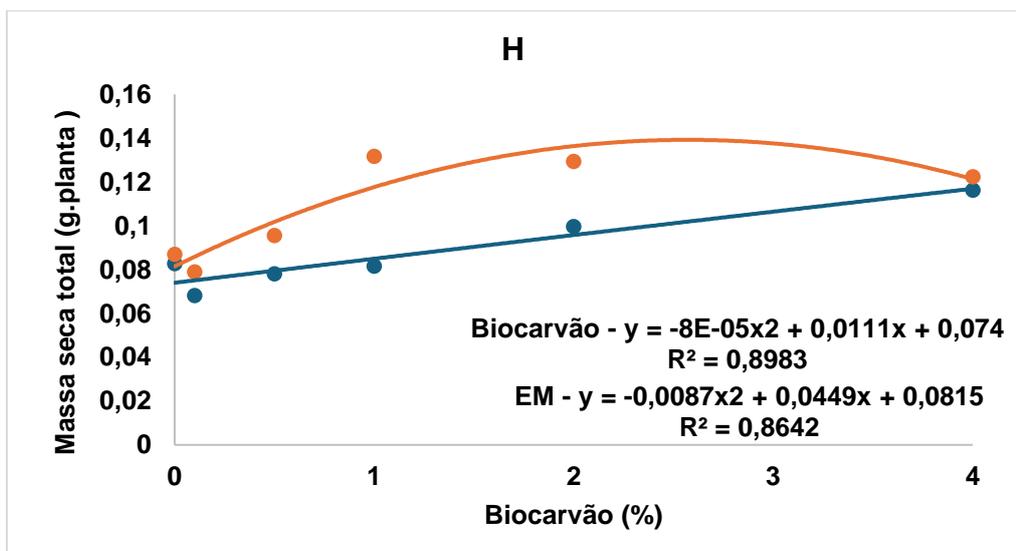
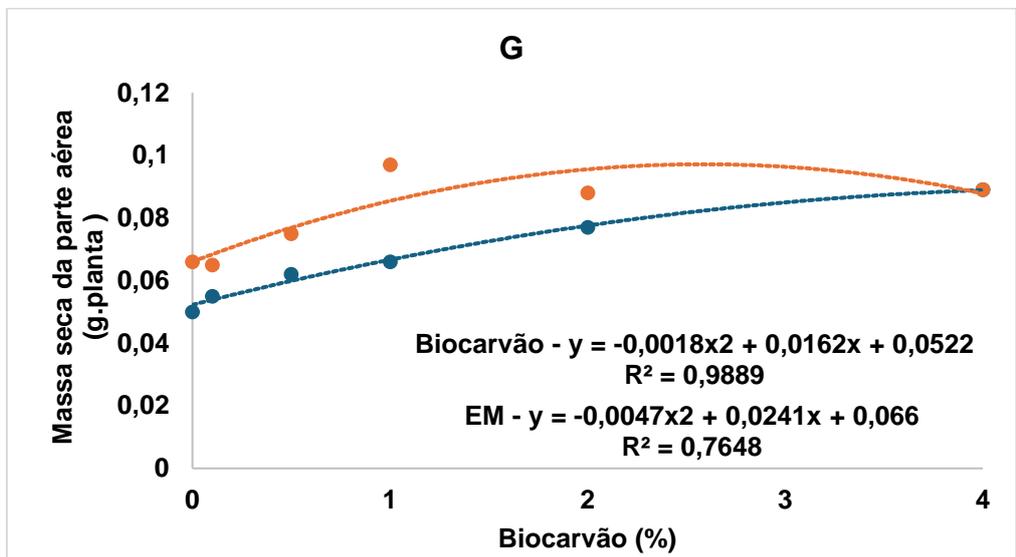
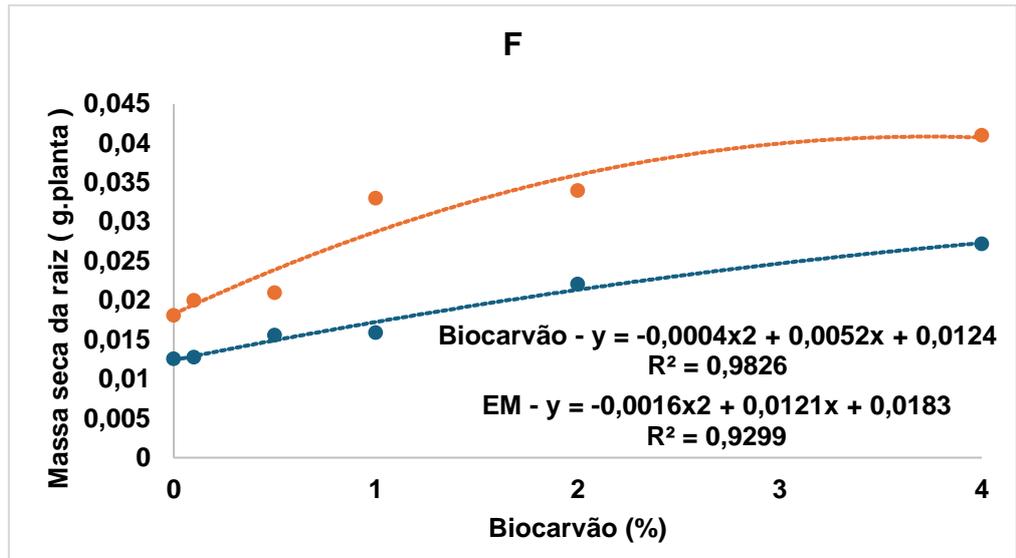
Fonte: autoria própria.

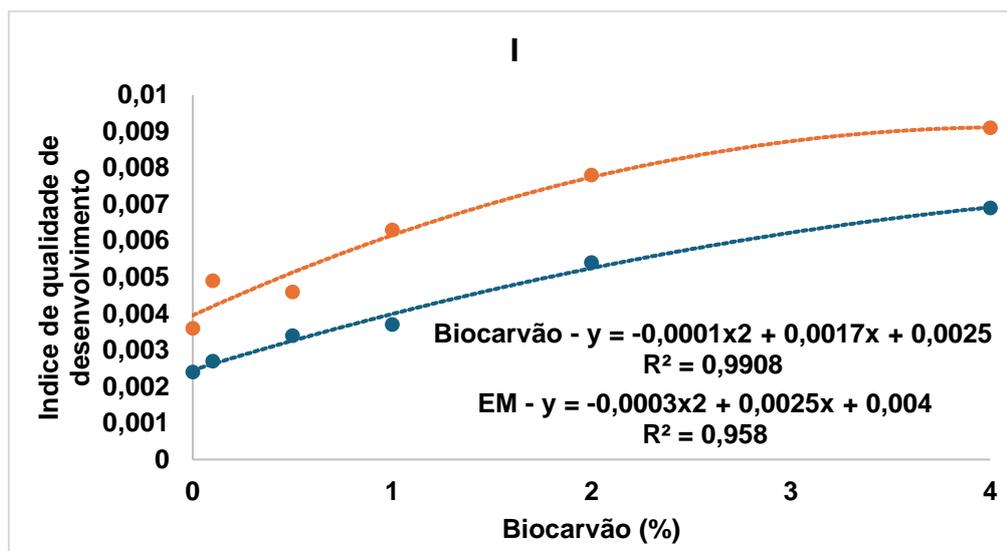
Verifica-se que na presença de EM as variáveis medidas (Figura 8) apresentaram maior magnitude comparado com a ausência de EM, em função do incremento da dose de biocarvão. Essa interação positiva sugere que o EM não só complementa as propriedades benéficas do biocarvão, como também potencializa sua eficácia, provavelmente devido à ação conjunta na melhoria da interação dos microrganismos com o sistema radicular da planta quanto na retenção de nutrientes.

Figura 8 – respostas das variáveis (A – comprimento da raiz CR; B – comprimento da parte aérea CPA; C – diâmetro do colo DC; D – massa fresca da raiz MFR; E – matéria fresca da parte aérea MFPA; F – massa seca da raiz MSR; G – massa seca da parte aérea MSPA; H – massa seca total MST; I – índice de qualidade de desenvolvimento IQD) em função das doses de biocarvão e microrganismos eficientes (EM) no alface crespa.









Fonte: autoria própria.

Mesmo quando cultivadas em solução nutritiva, os resultados obtidos para todas as variáveis analisadas (figura 8), para a presença de EM, sugere que os EM desempenham um papel fundamental na promoção do crescimento vegetal, possivelmente por meio da liberação de fitormônios, como auxinas, giberelinas e citocininas, que regulam processos fisiológicos essenciais, incluindo a divisão celular, o alongamento das células e a diferenciação dos tecidos, esses efeitos podem ter fortalecido o sistema radicular, aumentando a eficiência da planta na captação de água e nutrientes, resultando em um maior vigor e desenvolvimento da planta.

Segundo Ávila et al. (2021), as distintas espécies que compõem o grupo de microrganismos eficientes são capazes de gerar ácidos orgânicos, hormônios vegetais (como giberelinas, auxinas e citocininas), além de vitaminas, antibióticos e polissacarídeos. Esses produtos exercem uma influência positiva no desenvolvimento das plantas, seja de maneira direta ou indireta.

## 6 CONCLUSÃO

- 1 – A adição de biocarvão ao substrato de vermiculita potencializa a produção e a qualidade de mudas de alface;
- 2 - O uso de EM em vermiculita potencializa a produção e a qualidade de mudas de alface;
- 3 – A dose de 2% de biocarvão na vermiculita e a adição de EM na relação EM/água de 1/200 favoreceu a produção e a qualidade de mudas de alface.

## 7 REFERÊNCIAS

AMONETTE, J.E.; JOSEPH, S. Characteristics of biocarvão: microchemical properties. In: LEHMANN, J.; JOSEPH, S. (Ed.). Biocarvão for environmental management **science and technology**. London: Earthscan, 2009. p. 34-51.

ARAUJO, V. S. Microrganismos potenciais e incremento de biomassa em grama esmeralda (*Zoysia japonica* Steud.). 2019. Tese de Doutorado. UFRA.

Arruda, L. M. (2012). Seleção e caracterização de rizobactérias promotoras de crescimento de milho cultivadas no Rio Grande do Sul.

ÁVILA, G. M. de A. .; GABARDO, G.; CLOCK, D. C.; LIMA JUNIOR, O. S. de . Use of efficient microorganisms in agriculture . **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 8, p. e40610817515, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i8.17515.

BOAS, R. C. V.; CARVALHO, J. A.; GOMES, L. A. A.; SOUZA, K. J.; RODRIGUES, R. C.; SOUSA, A. M. G. Efeito da irrigação no desenvolvimento da alface crespa, em ambiente protegido, em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 393-397, 2007.

BRITO, A. D.; SUGASTI, J.; DO NASCIMENTO, L. M.; DE FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G. Influência do pó de café coado na respiração microbiana do solo e sua utilização como substrato. **Acta tecnológica**, v. 5, n. 2, p. 69-83, 2010.

CALDEIRA, M. V. W.; PERONI, L.; GOMES, D. R.; DELARMELINA, W. M.; TRAZZI P. A. Diferentes proporções de biossólido na composição de substratos para a produção de mudas de timbó (*Ateleia glazioviana* Baill). **Scientia Forestalis**. 2012; 40(93): 15-022.

CANBOLAT, M. et al. Effect of plant growth-promoting bacteria and soil compaction on barley seeding growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 42, n. 3, p. 350-357, 2006.

CARON, B. O. Crescimento da alface a campo e em estufa plástica. 2002. 51 p. (Tese de Doutorado), Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, 2002.

CARRIJO, D. A.; SETTI, de L. R.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 533-535, 2002.

COLEN, F.; FIGUEIREDO, F. F.; FERNANDES, L. A.; SAMPAIO, R. A.; MOTA, M.F. C.; DE SOUZA, L. H. Temperatura e tempo de residência na produção de biocarvão oriundo de dejetos de galinhas poedeiras. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 12, p. 1- 8,2020.

FAO, 2021: Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). **Produção de mudas de hortaliças**. Embrapa.

FERNANDES, J. P. T. Microrganismos promotores de crescimento de plantas Trichoderma e Azospirillum: otimizando a cultura do milho em sistemas integrados de produção agropecuária. ("Microrganismos promotores de crescimento de plantas - Trichoderma e") **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES**, v. 17, n. 2, p. e5090-e5090, 2024.

FILGUEIRA, F. A. R. Asteraceas Alface e outras folhosas. **Novo manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna para produção de hortaliças**. 3ª ed. revista e ampliada. UFV, Viçosa, p. 300-306, 2008.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo Manual de Olericultura: **Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**: UFV, 402p. 2003.

FIGLIOLIA, M. B., OLIVEIRA, E. C., & PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. (1993). Análise de sementes. In I. B. Aguiar, F. C. M. Piña-Rodrigues, & M. B. Figliolia (Eds.), **Sementes florestais tropicais** (pp. 137-174). Brasília: ABRATES.

GALINATO, Suzette P.; YODER, Jonathan K.; GRANATSTEIN, David. The economic value of biocarvão in crop production and carbon sequestration. *Energy Policy*, v. 39, p. 6344–6350, 2011.

GWENZI, W. et al. Biocarvão production and applications in sub-Saharan Africa: Opportunities, constraints, risks and uncertainties." ("SciELO Brasil - Phosphorus availability in soil amended with biocarvão ...") **Journal of Environmental Management**. p. 250-261, 2015.

JAIME, M.; ROBERTS, L.; MC DONALD, M. R. Growing onion transplants in plug trays. [S.l.]: **Ministry of Agriculture and Food**, 2001. Disponível em . Acesso em: 02 mai. 2023.

KAMPF, A. N. Produção comercial de plantas ornamentais. Agropecuária Guaíba, 2005, 2. ed., 254 p.

LANNA-FILHO, R.; FERRO, H. M.; PINHO, R. S. C. de (2010) -Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. **Revista Trópica –Ciências Agrárias e Biológicas**, vol. 4, n. 2, p. 12-20. doi: <http://dx.doi.org/10.0000/rtcab.v4i2.145>.

LEHMANN, J.; GAUNT, J.; RONDON, M. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems: a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Dordrecht, v. 11, n. 2, p. 395–419, 2006.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. Biocarvão for environmental management: an introduction. In: (Ed.). *Biocarvão for environmental management science and technology*. New York: Earthscan 2009. p. 1–9.

MARTINS, C. C., BOVI, M. L. A., & SPIERING, S. H. (2009). Umedecimento do substrato na emergência e vigor de plântulas de pupunheira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 31(3), 922-929.

MELO, I. S. de (2015) -Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas: descrição e potencial de uso na agricultura. In: Melo, I.S. de & Azevedo, J.L. de (Eds.) -**Ecologia microbiana**. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, p.87-116, 2015.

MEI, N.; ZHANG, X.; WANG, X.; PENG, CHANG, P.; HONGJUN, G.; ZHU, P.; GU, Y. Effects of 40 years applications of inorganic and organic fertilization on soil bacterial community in a maize agroecosystem in northeast China. *European Journal of Agronomy*, v. 130, n. 4, p. 1-9, 2021. Disponível em: . Acesso em: 20 jul. 2023.

OGAWA, Makoto; OKIMORI, Yasuyuki. Pioneering works in biocarvão research, Japan. CSIRO PUBLISHING: **Australian Journal of Soil Research**, Japan, v. 48, p. 489–500, 2010.

PARK Y. G; MUN B. G; KANG S. M, et al. (2017). *Bacillus aryabhatai* SRB02 tolerates oxidative and nitrosative stress and promotes soybean growth by modulating the production of phytohormones. *PLoS ONE* 12(3): doi: e0173203. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173203>.

RADIN, B.; REISSER, JÚNIOR C.; MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H. Crescimento de cultivares de alface conduzidas em estufa e a campo. **Horticultura Brasileira**, 2014, vol. 22, n. 2, p. 178-181.

REIS, R. D. ET AL. COMPONENTES DA RADIAÇÃO SOLAR EM CULTIVO DE TOMATE SOB CONDIÇÕES DE AMBIENTE PROTEGIDO. **REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL**, v. 16, n. 7, p. 735-742, 2012.

REN, X.; ZHANG, P.; ZHAO, L.; SUN, H. Sorption and degradation of carbaryl in soils amended with biocarvão: influence of biocarvão type and content. (“2-Methyl-4-chlorophenoxyacetic acid (MCPA) sorption and desorption as a ...”)

RIBEIRO, V. P. et al. Endophytic Bacillus strains enhance pearl millet growth and nutrient uptake under low-P. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 49S, p. 40-46, 2018.

SAHARAN, B. S.; NEHRA, V. **Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A critical review. Life Sci. Med. Res.**, v. 21, p. 1-30, 2011.

SHAABAN, M.; VAN ZWIETEN, L.; BASHIR, S.; YOUNAS, A.; NÚÑEZDELGADO, A.; CHHAJRO, M. A.; KUBAR, K. A.; ALI, U.; RANA, M. S.; MEHMOOD, M. A.; HU, R. A. concise review of biocarvão application to agricultural soils 92 to improve soil conditions and fight pollution. **Journal of Environmental Management**, v. 228, p. 429-440, 2018.

SILVA et al., 2020: SILVA, C. S., SOUZA, A. P., & OLIVEIRA, R. T. (2020). **Abordagem conceitual na produção de mudas de hortaliças**. Universidade do Estado da Bahia.

SILVEIRA, C. C. DA. Agricultura urbana: cultivo de alface (*Lactuca sativa*) em sistema horizontal e vertical. 2019. **Trabalho de conclusão de curso**, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (Curso de Engenharia Agrônômica). Santana do Livramento, RS. 49p.

TÚLLIO JÚNIOR, A.A. et al. Uso de diferentes substratos na germinação e formação de mudas de pimentão (*Capsicum annum* L.). **O Solo**, Piracicaba, n. 78, p. 1518, 1986.

VOLOSHIN, A. et al. Review: Biofuel production from plant and algal biomass. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 41, p. 17257-17273, 2016.

WOODS, W. Os solos e as ciências humanas: interpretação do passado. In: TEIXEIRA, W.G.; KERN, D.C.; MADARI, B.E.; LIMA, H.N.; WOODS, W. (Ed.). **As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. p. 62-71.

WOOLF, D.; AMONETTE, J.E.; PERROTT, F.A.S.; LEHMANN, J.; JOSEPH, S. Sustainable biocarvão to mitigate global climate change. **Nature Communications**, London, v. 1, n. 56, p. 1-9, 2010.

ZHANG, H.; CHEN, C.; GRAY, EM.; BOYD, S.; YANG, H.; ZHANG, G. Roles of biocarvão in improving phosphorus availability in soils: **A phosphate adsorbent and a source of available phosphorus**. *Geoderma*, v. 276, p.1 – 6, 2016.